

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

# BREVET D'INVENTION

Gr. 5. — Cl. 8.

Classification internationale :



Perfectionnements aux ailettes de turbines à gaz à écoulement axial et procédés de fabrication de telles ailettes.

Société dite : THE BRISTOL AEROPLANE COMPANY LIMITED résidant en Grande-Bretagne.

Demandé le 6 janvier 1955, à 13<sup>h</sup> 30<sup>m</sup>, à Paris.

Délivré le 26 mars 1956. — Publié le 12 juin 1956.

(3 demandes de brevets déposées en Grande-Bretagne : la 1<sup>re</sup> le 6 janvier 1954, aux noms de la demanderesse et de MM. Frederick William WHITEHEAD, William Samuel POLLINGER, Basil Davenport BLACKWELL et Ralph Cuthbert HOMAN; la 2<sup>e</sup> le 5 avril 1954, aux noms de la demanderesse et de MM. F. W. WHITEHEAD, C. M. TUNSTALL, W. S. POLLINGER, B. D. BLACKWELL et R. C. HOMAN; la 3<sup>e</sup> le 31 décembre 1954, aux noms de la demanderesse et de MM. F. W. WHITEHEAD, W. S. POLLINGER, B. D. BLACKWELL, R. C. HOMAN et C. M. TUNSTALL.)

L'invention a pour objet des ailettes de turbines à gaz à écoulement axial, qui comportent des passages internes de fluide refroidisseur et des procédés de fabrication de telles ailettes.

Suivant l'invention, une ailette pour turbine à gaz à écoulement axial présente des passages internes pour fluide refroidisseur, qui sont obtenus par usinage par étincelles ou par usinage ultrasonique.

Suivant l'invention également, une ailette de turbine à gaz à écoulement axial comprend une portion profilée aérodynamiquement formant l'aube proprement dite et une portion racine, deux systèmes de passage de fluide refroidisseur s'étendant sur la longueur de la portion profilée à partir du voisinage de l'extrémité racine jusqu'au voisinage de l'extrémité de tête de cette portion profilée, ces deux systèmes de passage étant confinés respectivement à une fraction bord d'attaque et à une fraction bord de fuite de la largeur suivant la corde de la portion profilée et la partie intermédiaire restant pleine, des passages d'introduction séparés traversant la portion racine de l'ailette pour aboutir respectivement à ces systèmes de passage et des passages d'évacuation allant de ces systèmes de passage à la surface de l'aile à son extrémité de tête ou au voisinage de celle-ci.

Suivant une caractéristique de l'invention, la portion racine de l'ailette peut être du type comportant une première partie destinée à s'engager dans une rainure de direction d'ensemble axiale dans un disque de roue et un prolongement de cette première partie jusqu'à la portion profilée, et dans ce cas, le passage d'introduction distinct pour le système de passage dans la fraction bord d'attaque

de la portion profilée peut partir d'un orifice dans la face amont de la portion racine et le passage d'introduction distinct pour le système de passage dans la fraction bord de fuite de la portion profilée peut partir d'un orifice dans l'une des surfaces latérales du prolongement de la portion racine.

A titre d'alternative toutefois, lorsque la portion racine de l'ailette est du type défini dans le précédent paragraphe, les passages d'introduction séparés pour les systèmes de passage de refroidissement des fractions bord d'attaque et bord de fuite de la portion profilée peuvent tous les deux avoir leur origine en des orifices dans l'une des surfaces latérales du prolongement de la portion racine.

Suivant une autre caractéristique de l'invention, le passage d'introduction pour le système de passage de la fraction bord de fuite de la portion profilée peut avoir une section approximativement triangulaire, deux côtés de la section triangulaire étant approximativement parallèles aux surfaces concave et convexe de la portion profilée respectivement, à l'endroit où ce passage pénètre dans la portion profilée au sortir de la portion racine.

Suivant une autre caractéristique de l'invention, lorsque l'ailette a une portion à ressaut à son extrémité de tête, un passage de sortie pour le système de passage de refroidissement contenu dans la fraction bord d'attaque peut aboutir à un orifice de sortie dans la surface sommitale de la portion à ressaut et une partie de ladite surface, située sur le côté de cet orifice et adjacente au bord d'attaque peut être conformée de manière à assurer la conservation d'un minimum de jeu fonctionnel à cette partie de la portion à ressaut.

Suivant une autre caractéristique de l'invention, le passage d'évacuation pour le système de passage de refroidissement de la fraction bord d'attaque de la portion profilée peut être un passage de section transversale approximativement quadrangulaire, deux côtés opposés de la section étant approximativement parallèles aux surfaces concave et convexe de la portion profilée respectivement, à l'endroit de transition de celle-ci à la portion à ressaut.

Suivant une autre caractéristique de l'invention, un passage d'évacuation pour le système de passage de refroidissement de la fraction bord de fuite de l'ailette peut aboutir à un orifice de sortie dans la surface convexe de la portion profilée au voisinage du bord de fuite et près de l'extrémité de tête, ce passage étant de préférence un passage de section transversale allongée ayant sa plus grande dimension dirigée dans la direction longitudinale de l'ailette.

Dans une disposition conforme à l'invention, chaque système de passage de refroidissement comprend une pluralité de conduits ayant leur plus grande dimension de section parallèle les uns aux autres et s'étendant depuis le voisinage de la surface concave jusqu'au voisinage de la surface convexe de la portion profilée de l'ailette.

Lorsqu'on adopte la disposition indiquée dans le paragraphe précédent pour une ailette comportant une portion racine du type mentionné plus haut et lorsque les deux systèmes de passage de refroidissement ont des passages d'introduction séparés partant d'orifices prévus sur une surface latérale du prolongement de la portion racine, les passages d'introduction séparés, suivant une autre caractéristique de l'invention, peuvent comprendre chacun une pluralité de canaux d'introduction, un pour chacun des conduits du système de passage de refroidissement, chacun de ces canaux d'introduction étant le prolongement direct de l'un des conduits du système de passage de refroidissement avec un orifice distinct dans cette surface latérale du prolongement de la portion racine de l'ailette.

Dans une autre disposition suivant l'invention, chaque système de passage de refroidissement comprend un canal unique s'étendant suivant la longueur de la portion profilée de l'ailette, ce canal contenant une multiplicité d'éléments en forme d'aiguille de la matière de l'ailette faisant saillie à l'intérieur du canal ou traversant le canal.

L'invention a également pour objet un procédé pour la production d'une ailette de turbine à gaz à écoulement axial comportant des passages internes pour fluide de refroidissement, procédé qui comprend le défonçage desdits passages par usinage par étincelles ou par usinage ultrasonique.

C'est ainsi que l'on forme de préférence les pas-

sages d'introduction et d'évacuation de forme irrégulière, qui ont été décrits précédemment.

Lorsqu'une ailette doit comporter un système de passage de refroidissement comprenant une pluralité de conduits du type défini précédemment, cette ailette, suivant une autre caractéristique de l'invention, peut être obtenue par un procédé, qui consiste à défoncer une série de rainures de direction longitudinale, plus profondes que larges dans la portion profilée de l'ailette, à partir d'une surface de celle-ci, par usinage par étincelles ou usinage ultrasonique, puis à fermer la partie ouverte de ces rainures au moyen d'une couche de métal appliquée sur la surface en question pour clore les conduits.

Lorsqu'une telle ailette doit avoir des passages d'introduction séparés vers les systèmes de passage de refroidissement des bords d'attaque et de fuite, chacun comprenant une pluralité de canaux d'introduction comme on l'a défini précédemment, chaque canal d'introduction ayant un orifice d'entrée distinct dans une surface latérale du prolongement de la portion racine de l'ailette, cette ailette, suivant une autre caractéristique de l'invention, peut être obtenue par un procédé qui consiste à former les conduits des systèmes de refroidissement et les canaux d'introduction en défonçant une pluralité de rainures de direction longitudinale, plus profondes que larges, à partir d'une face de la portion profilée de l'ailette et de la face latérale correspondante du prolongement de la portion racine par usinage par étincelles ou par usinage ultrasonique, puis à fermer les côtés ouverts de ces rainures sur toute ladite surface, à l'exclusion de cette face latérale du prolongement de la portion racine, au moyen d'une couche de métal pour clore les conduits des systèmes de refroidissement, les rainures dans le prolongement de la portion racine constituant les canaux d'introduction et les côtés ouverts de ces canaux dans la surface latérale du prolongement de la portion racine constituant des orifices d'entrée distincts.

Lorsqu'une ailette doit comporter des systèmes de passage de refroidissement comprenant chacun un canal unique comme on l'a défini précédemment, ce conduit comportant de multiples éléments en forme d'aiguille ménagée dans la matière de l'ailette en saillie à l'intérieur du canal ou traversant ce canal, l'ailette, suivant une autre caractéristique de l'invention, peut être obtenue par un procédé, qui consiste à défoncer chacun des systèmes de passage de refroidissement à travers l'une des surfaces de la portion profilée de l'ailette par usinage par étincelles ou par usinage ultrasonique en utilisant une électrode ou outil présentant dans sa surface active une multiplicité de trous correspondant à cette multiplicité d'éléments en forme d'aiguille de la matière de l'ailette.

Pour obtenir un refroidissement efficace des par-

ties les plus chaudes de l'ailette, il est nécessaire d'avoir une grande aire de surface de contact avec le fluide de refroidissement dans les régions en question. Pour obtenir une aire suffisante, il est nécessaire que les passages de refroidissement soient très étroits, suivant la corde de l'ailette, de telle sorte qu'on en puisse faire tenir un nombre appréciable, séparés par des nervures ou partiellement séparés par des saillies en forme d'aiguille de la matière de l'ailette, dans l'espace dont on dispose. En même temps, les passages doivent s'étendre aussi profondément que possible dans l'épaisseur de l'ailette. Par usinage par étincelles ou par usinage ultrasonique de passages séparés par des nervures à l'intérieur de l'ailette, on peut faire des passages et des nervures très étroits et par conséquent, il est possible d'en faire de plus nombreux que si l'on adopte les procédés d'usinage ordinaires par outils de coupe et en outre la matière de l'ailette peut être choisie sans égard à ses propriétés de résistance à la chaleur et d'usinabilité.

Par exemple pour des ailettes de turbine qui seront décrites ci-après en référence aux figures 2 et 11 des dessins annexés, il est désirable que la largeur suivant la corde des rainures 24 et des nervures 33 qui les séparent descende jusqu'à 0,75 mm, tandis que certaines rainures peuvent atteindre en profondeur 9,5 mm dans l'épaisseur de l'ailette. Ceci peut être obtenu industriellement par usinage par étincelles ou par usinage ultrasonique, même si l'ailette est faite des métaux connus les plus durs. Un procédé d'usinage utilisant des outils de coupe ou de meulage présenterait une telle difficulté et entraînerait de telles dépenses qu'il est improbable que des ailettes présentant la configuration décrite puissent être obtenues industriellement par de tels moyens.

En outre, dans certaines ailettes, pour que le fond de chacun des conduits soit à la même distance de la surface convexe de l'ailette sur toute la longueur de celle-ci, il est nécessaire que leur profondeur dans l'épaisseur de l'ailette varie suivant leur longueur. Cette pénétration variable peut être obtenue plus facilement par l'utilisation d'un usinage par étincelles ou d'un usinage ultrasonique que par l'utilisation d'autres procédés d'usinage.

Des considérations semblables s'appliquent à la formation de canaux simples dans les ailettes laissant subsister une multiplicité de saillies en forme d'aiguille dans la matière de l'ailette dans les canaux ou en travers de ceux-ci. Usiner par les méthodes d'usinage habituelles un tel canal, particulièrement en laissant subsister de telles saillies en forme d'aiguilles et de positions quinconçées comme cela est préférable, est impossible à proposer comme travail d'atelier. De tels canaux peuvent au contraire être formés facilement si l'on emploie l'usinage par étincelles ou l'usinage ultrasonique.

Des exemples de construction d'ailettes de turbine à écoulement axial en accord avec la présente invention et des procédés suivant l'invention pour la production de telles ailettes, seront décrits dans ce qui suit.

Dans les dessins annexés :

La figure 1 est une vue en perspective d'une ailette suivant l'invention vue en direction axiale et sur son bord d'attaque;

La figure 2 est une vue de l'ailette de la figure 1 sur sa surface concave, la plaque de recouvrement faisant partie de l'ailette étant supposée enlevée pour montrer la disposition des systèmes de passage de refroidissement interne;

La figure 3 est une coupe transversale prise suivant la ligne 3-3 des figures 1 et 2, mais à échelle agrandie;

La figure 4 est une coupe suivant la ligne 4-4 des figures 1 et 2 à échelle agrandie, la partie à ressaut de l'ailette étant supprimée;

La figure 5 est une vue partielle en coupe suivant la ligne 5-5 de la figure 2;

La figure 6 est une vue en élévation de la face concave d'une autre ailette que celle qui est représentée à la figure 1, la plaque de recouvrement étant enlevée pour montrer une disposition différente des systèmes de passage de refroidissement;

La figure 7 est une coupe prise suivant la ligne 7-7 de la figure 6 à échelle agrandie;

Les figures 8, 9 et 10 montrent en vue partielle en plan, trois électrodes ou outils différents, qui peuvent être utilisés pour l'usinage par étincelles ou l'usinage ultrasonique des passages au cours de la fabrication d'une ailette présentant la disposition d'un système de passage de refroidissement interne telle que celle que représente la figure 6;

La figure 11 est une vue en élévation de la face concave d'une autre ailette suivant l'invention dans la direction de la flèche 11 de la figure 12, la moitié supérieure d'une plaque de recouvrement faisant partie de l'ailette ayant été enlevée pour montrer la disposition des systèmes de passage interne de refroidissement;

La figure 12 est une coupe suivant la ligne 12-12 de la figure 11;

La figure 13 est une vue sommitale de la portion à ressaut de l'ailette représentée à la figure 11, dans la direction de la flèche 13 de cette figure;

La figure 14 est une coupe à travers les portions racine de deux ailettes consécutives, telles que celles que représente la figure 11, montées dans des rainures d'un disque de roue de turbine à écoulement axial, le plan de section étant indiqué par la ligne 14-14 de la figure 12;

La figure 15 est une coupe suivant la ligne 15-15 de la figure 11, montrant un détail de la disposition de l'un des systèmes de passage de refroidissement de l'ailette représentée à la figure 11;

La figure 16 est une coupe d'une électrode servant d'outil pour l'usinage par étincelles ou l'usinage ultrasonique de passages au cours de la fabrication d'une ailette présentant une disposition de systèmes de passage interne de refroidissement, telle que celle que la figure 2 représente.

En se référant à la figure 1 des dessins, on peut voir que l'ailette de turbine comprend une portion profilée aérodynamiquement 5, une portion racine 6 et une portion à ressaut 7, à l'extrémité de tête. La portion racine 6 comprend une partie en plate-forme 8 et une racine 9 en « profil de sapin » et de section prismatique faite pour s'engager dans une rainure prévue dans la jante du disque de roue, la rainure étant à un certain angle des faces du disque avec une direction générale axiale. La portion racine 6 est du type « prolongée », c'est-à-dire elle comprend une partie 9a qui est comprise entre la partie 9 ou racine et la portion profilée aérodynamiquement 5 et qui s'étend à l'extérieur de la jante du disque de roue, de manière à former un passage de section triangulaire entre la jante du disque et les flancs inclinés des parties 9a des ailettes adjacentes. Pour être utilisé avec des ailettes telles qu'on les décrit ici, un tel disque de roue est pourvu, comme on le décrira en référence à la figure 14, sur le bord aval de la jante, de dents 66 qui ferment l'extrémité de ces passages et, du côté amont, le disque est pourvu d'un disque guide d'air, tel qu'on l'a décrit dans le brevet français demandé le 17 novembre 1954 pour : « Perfectionnements aux ensembles rotoriques de turbines à gaz ».

La portion à ressaut 7 de l'ailette que l'on va décrire maintenant est de forme générale conique pour se conformer à un élargissement de section du passage annulaire du milieu actif s'écoulant à travers la turbine à gaz à écoulement axial, à laquelle l'ailette est destinée et la portion à ressaut est raidie par des nervures 7a. A son bord d'attaque, une surface étroite 10 de forme conique renversée (voir fig. 2) est prévue pour se trouver lorsque l'aile est assemblée dans la turbine, en opposition à une partie en saillie de l'enveloppe statorique, de sorte qu'il reste le minimum de jeu fonctionnel entre ces parties en dépit de mouvements axiaux et radiaux des extrémités des ailettes par rapport à ces saillies résultant de la dilatation thermique ou d'autres causes. La surface 10 est disposée de manière à être normale à la direction dans laquelle ce mouvement relatif est le plus faible.

Comme on peut le voir plus en détail à la figure 2, la portion profilée 5 de l'ailette présente un système de passage de refroidissement 11 s'étendant longitudinalement à travers cette portion profilée depuis le voisinage de la portion racine jusqu'à une certaine distance de l'extrémité de tête et confiné à une fraction du bord d'attaque de la largeur suivant la corde de cette portion de l'ailette

et un système de passage de refroidissement similaire 12 confiné à une fraction bord de fuite de cette même largeur, le reste 13 de cette portion d'ailette étant plein. La partie centrale pleine de l'ailette occupe approximativement un tiers de la largeur suivant la corde à l'extrémité proche de la racine et elle peut se réduire en largeur vers l'extrémité de tête. Les fractions occupées par les systèmes de passage de refroidissement de bord d'attaque et de bord de fuite ne sont pas nécessairement égales et peuvent être proportionnées l'une à l'autre suivant l'importance du refroidissement désiré de ces régions.

A l'extrémité racine de la portion profilée, le système de passage de refroidissement 11 de la fraction bord d'attaque est pourvu d'un passage d'introduction 13 partant d'un orifice 15 dans la surface extrême du prolongement de racine 9a qui fait face à l'amont, lorsque l'aile est montée sur le disque de roue. Le système de passage de refroidissement 12 de la fraction bord de fuite est pourvu d'un passage d'introduction distinct 14 partant d'un orifice 16 dans l'une des surfaces latérales du prolongement de racine 9a. Tandis que le passage d'introduction 13 peut être utilement de forme de section circulaire, une telle forme de section ne permettrait pas un passage d'introduction 14 d'aire de section suffisante pour l'entrée dans le système de passage de refroidissement 12 de la fraction bord de fuite, en raison de la faible épaisseur de la section profilée dans cette région. Le passage 14 est pour cela d'une section transversale approximativement triangulaire comme indiqué à la figure 3, deux des côtés de la section triangulaire étant approximativement parallèles aux surfaces concave et convexe de la portion profilée respectivement à l'endroit où le passage entre dans cette portion au sortir de la portion racine.

Le système de passage de refroidissement 11 dans la fraction bord d'attaque de la portion profilée a un passage d'évacuation 19 aboutissant à un orifice de sortie 20 dans la surface sommitale 21 de la portion à ressaut de l'ailette. Pour obtenir l'aire de section transversale désirée, on donne à ce passage d'évacuation 19 une section quadrangulaire comme indiqué à la figure 4, deux côtés opposés de cette section quadrangulaire étant parallèles aux surfaces concave et convexe de la portion profilée à l'endroit où ce passage passe de cette portion de l'ailette à la portion à ressaut. L'orifice de sortie 20 est disposé en arrière de la surface conique 10, où le minimum de jeu fonctionnel est maintenu et par conséquent, en fonctionnement, il se trouve dans une région de pression plus basse que celle qui existe autour de la surface de la fraction bord d'attaque de la portion profilée. L'écoulement du fluide refroidisseur à travers le système 11 est ainsi favorisé.

Le système de passage de refroidissement 12 contenu dans la fraction bord de fuite de la portion profilée de l'ailette a un orifice de sortie 22 dans la surface convexe de cette portion et près du bord de fuite 23 en position adjacente à la lèvre de l'ailette. Dans cette région, la pression en cours de fonctionnement est nettement basse et l'écoulement du fluide de refroidissement à travers le système 12 est ainsi favorisé. L'orifice 22 est de section transversale allongée, sa plus grande direction s'étendant dans la direction de la longueur de l'ailette. En donnant cette forme à cet orifice 22, il est possible d'obtenir une aire de passage suffisante tout en localisant l'orifice dans la région de basse pression.

Chaque système de passage de refroidissement comprend une pluralité de conduits 24 (voir fig. 3) séparés par des nervures 33, ces nervures et conduits ayant une section transversale allongée et les conduits ayant leur plus grande dimension de section parallèle les uns aux autres et s'étendant du voisinage de la surface concave 25 de la portion profilée jusqu'au voisinage de la surface convexe 26 de celle-ci. Près de l'extrémité racine de la portion profilée, tous les conduits 24 du système de passage de bord d'attaque partent d'une chambre collectrice 24, dans laquelle débouche le passage d'introduction 13 et tous les conduits 24 du système de passage de bord de fuite partent d'une chambre collectrice 28, dans laquelle débouche le passage d'introduction 14.

A proximité de l'extrémité de tête de la portion profilée, les conduits se réunissent en des chambres collectrices 29 et 30 respectivement, ces chambres étant plus longues que les chambres 27 et 28 pour régler la vitesse de refroidissement de cette partie de l'ailette. Si on le désire, certaines des nervures 33 peuvent se prolonger dans les chambres 29 et 30 de façon à assurer une transition plus graduelle d'une partie du système de passage de refroidissement à l'autre.

De cette manière, il est possible de faire varier le taux de transfert de la chaleur de l'ailette au fluide refroidisseur en différentes parties de l'ailette, de façon à maintenir cette dernière à une température plus uniforme.

On forme les conduits 24 et les chambres collectrices 27, 28, 29 et 30 dans l'ailette en défonçant des rainures de conformation correspondante à partir de la surface concave de la portion profilée de l'ailette, puis en fermant les côtés ouverts de ces rainures au moyen d'une couche de métal, qui, dans l'exemple que l'on décrit, est une plaque métallique 31, fixée en position dans un emboîtement peu profond 32 de la surface concave de la portion profilée de l'ailette par brasure ou par tout autre procédé approprié, tel que soudure.

Les rainures et l'emboîtement 32 peuvent être

formés en deux opérations par un procédé d'usinage par étincelles utilisant pour la première opération une électrode, telle que la figure 16 la représente, constituée par assemblage d'un certain nombre de feuilletts de laiton 38, serrés à espacement les uns des autres entre des plaques de serrage 39, de manière à produire des rainures qui s'étendent sur toute la longueur des systèmes de passage et pour la seconde opération une électrode ayant une forme permettant de défoncer les cavités des chambres collectrices en éliminant l'excédent de longueur des nervures et de défoncer l'emboîtement pour la plaque 31, si cela est nécessaire. Dans le dessin de ces électrodes, il faut tenir compte correctement de l'usure de l'électrode, cette usure dépendant essentiellement de la profondeur de la cavité à défoncer, si bien que les électrodes ne sont pas exactement le négatif des cavités à former. La figure 16 montre la coupe de l'outil nécessaire pour produire une section d'ailette telle que la représente la figure 3, en supposant que le taux d'usure de l'outil est égal au taux de défoncement de la rainure que l'outil forme.

Un outil semblable peut être utilisé pour former les rainures par usinage ultrasonique, mais dans ce cas l'outil est de préférence fait en acier doux et assemblé en un tout par brasure, au lieu d'être simplement constitué par serrage d'éléments ou bien il est usiné en pleine matière. L'usinage par le procédé ultrasonique présente l'avantage qu'il se produit peu, sinon point, de diminution dans la résistance à la fatigue de la matière dont l'ailette est constituée.

Les passages d'introduction et d'évacuation non circulaires 14, 19 et 22 peuvent être également formés par usinage par étincelles ou par usinage ultrasonique utilisant des outils de forme appropriée.

Au lieu de fermer les côtés ouverts des rainurés par le moyen d'une plaque de recouvrement 31, on peut remplir les rainures et les cavités formant chambres collectrices à l'aide de cire ou de métal à bas point de fusion et constituer la surface concave de la section profilée de l'ailette par dépôt électrolytique ou par projection de métal, avec une épaisseur suffisante et en un métal à point de fusion élevé, le remplissage en matière à bas point de fusion étant finalement éliminé par fusion.

En référence maintenant aux figures 6 et 7, des dessins, dans un autre arrangement, les systèmes de passage de refroidissement 11 et 12 de bords d'attaque et de fuite, au lieu d'être formés chacun d'une pluralité de conduits 24, comportent chacun un canal unique d'une largeur approximativement égale au tiers de la largeur suivant la corde de la portion profilée 5 de l'ailette et dirigé suivant la longueur de cette portion 5 et dans ce canal, en des parties choisies comme appropriées à l'obtention de la distribution désirée de l'effet de refroidissement, on

prévoit une multiplicité d'éléments en forme d'aiguille 100, constitués par la matière de l'ailette, faisant saillie à l'intérieur du canal ou le traversant à partir de la paroi de ce canal la plus proche de la surface convexe 26 de l'ailette jusqu'à une paroi opposée, constituée par la plaque de métal 31 brasée sur le corps principal de l'ailette et formant la surface concave 25. Les éléments en forme d'aiguille ont ainsi une position transversale à la direction d'écoulement du fluide refroidisseur et celui-ci est obligé continuellement à se diviser autour d'un élément avant de rencontrer le suivant, ce qui réduit la formation de couches limites à mouvement lent et améliore le rendement de l'échange de chaleur du système, spécialement dans les conditions d'écoulement laminaire à travers les passages.

Le corps principal des ailettes est obtenu par forgeage d'un alliage résistant à la chaleur du type nickel-chrome-cobalt et les canaux simples des systèmes de refroidissement sont défoncés dans la masse du métal par usinage par étincelles ou par usinage ultrasonique utilisant une électrode ou outil de profil approprié ayant dans sa surface active (c'est-à-dire d'attaque), une multiplicité de trous correspondant aux éléments en aiguille 100.

A la figure 8 est représentée une vue frontale d'une partie d'une telle électrode ou outil qui est faite de métal plein, dans lequel des trous cylindriques 35 sont forés. A titre d'alternative cependant, une électrode ou outil peut être moulée avec ses trous 35. Un passage produit par une électrode de ce type se caractérise par des parois latérales unies et une paroi de fond, qui est unie excepté aux endroits où elle est interrompue par des éléments cylindriques en forme d'aiguille, laissés dans la matière de l'ailette. Les parties non perforées, telles que 36 de l'électrode ou outil, à chaque extrémité de celle-ci, servent à produire les chambres collectrices 27, 28, 29, 30 décrites précédemment. Les trous 35 sont de préférence un arrangement tel, que les éléments en forme d'aiguille 100 que l'on obtient soient quinqués dans la direction d'écoulement du fluide refroidisseur. Un tel arrangement est représenté à la figure 8, la direction d'écoulement du fluide étant indiquée par la flèche 139.

A titre d'alternative, comme représentée à la figure 9, la partie de l'électrode ou outil, qui correspond à la partie de canal unique pourvu d'éléments en forme d'aiguille 110, peut être composée par un faisceau de tubes 130 assemblés côte à côte en contact parallèlement les uns des autres, chacun ayant une face terminale 141 située sur la surface constituant la surface active de l'électrode ou outil. Comme l'opération d'usinage par étincelles ou procédé d'érosion a pour effet de donner à la cavité produite une dimension toujours un peu plus grande que l'électrode, le dessin du passage de refroidisseur

obtenu différera de celui qui est représenté à la figure 9, en ceci que des cercles plus grands se recouperont les uns les autres et que les portions intermédiaires 140 seront essentiellement, sinon complètement éliminées. Si on le désire, la réduction correspondante de diamètre des éléments en forme d'aiguille par rapport au perçage des tubes, peut être maintenue à une valeur un peu plus faible si l'on enduit les parois des perçages d'une couche de vernis ou d'autre matière de grande rigidité diélectrique. L'électrode ou outil peut également comporter des parties pleines 36 pour la formation des chambres collectrices ou des parties du passage dépourvues d'éléments en forme d'aiguille.

A la figure 10 est représenté un autre procédé de construction d'une électrode ou outil à partir d'éléments en forme de tiges 142, qui, dans cet exemple, sont de section triangulaire à arête aplatie et sont en contact les unes avec les autres suivant la périphérie de trous hexagonaux, de façon à produire un dessin d'éléments en aiguille hexagonaux. Naturellement, des tiges d'autre forme de section transversale peuvent être utilisées.

Des passages produits par des électrodes ou outils constitués de tubes ou tiges de cette manière, se caractérisent par des parois latérales dentées 140, qui contribuent également à l'augmentation de la surface d'échange de chaleur dans le passage et au maintien de la turbulence du fluide refroidisseur.

La plaque de recouvrement 31 est de préférence fixée au corps principal de l'ailette par brasure au cuivre, les parties étant d'abord recouvertes d'un revêtement électrolytique au cuivre, puis chauffées à la température de brasure alors qu'elles sont pressées l'une contre l'autre et maintenues dans une atmosphère réductrice. Dans ce but, la plaque de recouvrement, qui dans cet exemple est un peu plus large que l'ailette, pour permettre un raccordement ultérieur, est attachée au corps principal de l'ailette de manière convenable et les deux parties sont immergées dans une masse de particules de carbone, qui est ensuite comprimée à une pression suffisante pour assurer la conformation de la plaque de recouvrement à la courbure du corps principal de l'ailette et qui est chauffée à une température suffisante pour que les couches de cuivre fondent et s'allient avec le métal de la plaque de recouvrement et du corps principal de l'ailette. Comme on peut le voir d'après la figure 7, la plaque de recouvrement 31 dans cet exemple n'est pas fixée dans un embrèvement de la surface concave de la portion profilée de l'ailette.

Au lieu d'utiliser une plaque de recouvrement 31, on peut constituer la surface concave de la portion profilée de l'ailette par dépôt électrolytique ou par projection d'une couche de métal d'épaisseur suffisante, comme décrit précédemment.

Aux figures 11 à 15 est représentée une autre

aillette suivant l'invention. En référence à la figure 11, l'aillette comprend une portion profilée 50, une portion racine 51 et une portion à ressaut 52 au sommet de l'aillette. La portion racine 51 comprend une partie en plate-forme 53 (voir fig. 12), une partie racine proprement dite 54 à profil de sapin et de section prismatique, ayant des dimensions convenant à son engagement dans une rainure de direction générale axiale 55 dans le disque de roue 56 (voir fig. 14) et un prolongement 57 entre la partie racine 54 et la portion profilée 50, qui est limitée dessus à la partie en plate-forme 53.

Les prolongements 57 ont une forme telle, qu'ils constituent des espaces 60 entre les portions racine des ailettes lorsque les ailettes sont montées sur le disque de roue 56. Chacun de ces espaces 60 est ouvert sur la face avant de la roue et est limité, intérieurement par la périphérie extérieure 61 du disque de roue, d'un côté par les surfaces 62 et 63 sur une des faces latérales de la racine d'aillette et de l'autre côté par les surfaces 64 et 65 sur l'autre face latérale de la racine d'aillette adjacente, l'espace étant clos sur la face arrière de la roue par une dent 66 saillant sur la périphérie du disque de roue. Les prolongements des portions racine des ailettes adjacentes embrassent étroitement une dent 66, comme représenté, en 67 et 68, de telle sorte que l'espace 60 entre les portions racine soit correctement clos vers l'arrière.

Sur la face amont, le disque de roue est pourvu d'un disque de guidage d'air (non représenté), tel qu'on l'a décrit dans le brevet demandé en France le 17 novembre 1954, pour « Perfectionnements aux ensembles rotoriques de turbines à gaz ».

La portion profilée de l'aillette présente un système de passage de refroidissement 69, qui s'étend longitudinalement à travers cette portion depuis le voisinage de son extrémité racine jusqu'au voisinage de son extrémité de tête et qui est confinée à une fraction de bord d'attaque de la largeur suivant la corde de la portion profilée, et d'un système de passage de refroidissement similaire 70, confiné à une fraction de bord de fuite de la largeur suivant la corde de la portion profilée, le reste 71 de cette portion étant plein. La partie pleine 71 et les systèmes de passage de refroidissement 69, 70 occupent chacun environ le tiers de la largeur suivant la corde de la portion profilée dans toute section, mais la largeur des systèmes de passage de refroidissement est choisie en accord avec les exigences de refroidissement relatif des régions de bord d'attaque et de fuite de l'aillette.

Un passage d'évacuation 22, du système de passage de refroidissement 70 de bord de fuite débouche par un orifice dans la surface convexe de la portion profilée de l'aillette près de son bord de fuite et en position adjacente au sommet. Le pas-

sage 22 est disposé et conformé comme on l'a précédemment décrit.

Un passage d'évacuation 72 pour le système de passage de refroidissement 64 de bord d'attaque, atteint un orifice de sortie 73 à la surface sommitale 74 de la partie à ressaut 52 comme on l'a décrit précédemment. Toutefois dans ce cas, le passage d'évacuation est de section transversale circulaire et il est foré, bien qu'un passage 72 de section quadrangulaire puisse être utilisé si on le désire et, dans ce cas, le passage peut être formé par usinage par étincelles par usinage ultrasonique.

Les systèmes de passage de refroidissement comprennent chacun une pluralité de conduits 24 séparés par des nervures 33, comme décrit précédemment. Vers l'extrémité de tête de la portion profilée, les conduits de chaque système de passage de refroidissement débouchent dans une chambre collectrice 74 (voir fig. 15), avec laquelle le passage d'évacuation 22 ou 72 du système communique. Comme représenté à la figure 15, les nervures 33 présentent des extrémités en pente pour former les chambres collectrices 74, qui ont une section triangulaire.

Les deux systèmes de passage de refroidissement comportent des passages d'introduction 10, qui partent d'orifices 76 dans la face latérale du prolongement 57 de la portion racine 51, constituée par les surfaces 62 et 63. Chacun de ces passages d'introduction consiste en une pluralité de canaux d'introduction 77, un canal pour chaque conduit 24 constituant le système de passage de refroidissement, et les canaux d'introduction 77 sont chacun le prolongement direct d'un conduit 24 et ont chacun un orifice distinct 76.

On forme les conduits 24 du système de refroidissement et les canaux d'introduction 77 de chaque système de passage de refroidissement, en défonçant une pluralité de rainures de direction longitudinale, plus profondes que larges, dans la surface concave de la portion profilée de l'aillette et dans la face latérale correspondante du prolongement de la portion racine de l'aillette par usinage ultrasonique, puis en fermant les côtés ouverts des rainures sur toute la face latérale, excepté dans la partie constituant le prolongement de la portion racine de l'aillette, au moyen d'une couche de métal afin de constituer les conduits 24 du système de passage de refroidissement, les rainures dans le prolongement de la portion racine formant les canaux d'introduction 77 et les côtés ouverts des rainures dans la face latérale du prolongement de la portion racine constituant les orifices d'entrée distincts 76.

La couche de métal, dans l'exemple que l'on décrit, a la forme d'une plaque de recouvrement 78, qui est brasée sur la partie principale de l'aillette, comme décrit précédemment à propos de la

plaque de recouvrement 31 de la figure 7. La plaque de recouvrement 78 s'étend sur la surface concave de la portion profilée 50 et sur la surface supérieure de la partie plate-forme 53 de la portion racine sur le côté concave de la portion profilée, comme représenté particulièrement à la figure 14, de telle sorte que la partie des canaux 77 laissée ouverte forme des orifices dans l'espace 60, lorsque l'aillette est montée sur le disque de roue pour constituer une couronne d'aubage.

Au lieu d'utiliser une plaque de recouvrement, on peut remplir les rainures d'une matière à bas point de fusion et projeter ou déposer par électrolyse, sur la surface concave de la portion profilée de l'aillette et sur la surface de dessus de la plate-forme, un métal à point de fusion élevé, en éliminant ensuite par fusion la matière à bas point de fusion.

Les ailettes décrites ont un dispositif efficace de passages de refroidissement interne qui n'affaiblit pas indûment l'aillette, et le fait que les passages de refroidissement sont formés par usinage par étincelles ou par usinage ultrasonique permet cette réalisation.

#### RÉSUMÉ

L'invention a pour objet :

1° Une ailette pour turbine à gaz à écoulement axial, remarquable par les points suivants :

a. Elle comporte des passages internes de fluide refroidisseur, ces passages étant formés par usinage par étincelles ou par usinage ultrasonique;

b. L'aillette comprend une portion profilée aérodynamiquement ou aube proprement dite et une portion racine, deux systèmes de passage pour le fluide refroidisseur s'étendant longitudinalement à travers la portion profilée du voisinage de l'extrémité racine au voisinage de l'extrémité de tête de celle-ci, ces systèmes de passage étant confinés respectivement à une fraction de bord d'attaque et à une fraction de bord de fuite de la largeur suivant la corde de la portion profilée et la partie intermédiaire de la portion profilée étant pleine, des passages d'introduction séparés traversant la portion racine pour aboutir aux systèmes de passage de bord d'attaque et de bord de fuite et des passages d'évacuation allant de ces systèmes de passage à la surface de l'aillette à son sommet ou près de celui-ci;

c. La portion racine de l'aillette comporte une première partie destinée à s'engager dans une rainure de direction générale axiale dans un disque de roue et un prolongement entre cette partie et la portion profilée aérodynamiquement, le passage d'introduction distinct pour le système de passage de la fraction bord d'attaque de la portion profilée s'étendant à partir d'un orifice s'ouvrant sur la face amont de la portion racine et le passage d'in-

troduction pour le système de passage de la fraction bord de fuite de la portion profilée s'étendant d'un orifice s'ouvrant sur l'une des surfaces latérales du prolongement de la portion racine;

d. Les deux passages d'introduction séparés partent d'orifices distincts dans l'une des faces latérales du prolongement de la portion racine;

e. Le passage d'introduction pour le système de passage de bord de fuite est de section transversale approximativement triangulaire, deux côtés de la section triangulaire étant approximativement parallèles aux surfaces concave et convexe respectivement de la portion profilée de l'aillette, à l'endroit de transition de la portion racine à la portion profilée;

f. L'aillette a une portion de tête à ressaut et un passage d'évacuation pour le système de passage de refroidissement dans la fraction bord d'attaque de la portion profilée de l'aillette aboutit à un orifice de sortie s'ouvrant sur la surface sommitale de la portion à ressaut, une partie de cette surface sur le côté dudit orifice et en position adjacente au bord d'attaque de l'aillette étant conformée de façon à assurer un jeu fonctionnel minimum à cette partie de la portion à ressaut;

g. Ledit passage d'évacuation du système de passage de refroidissement de la fraction bord d'attaque de la portion profilée de l'aillette est un passage de section transversale approximativement quadrangulaire, deux côtés opposés de cette section étant approximativement parallèles aux surfaces concave et convexe respectivement de la portion profilée de l'aillette à la transition de cette portion profilée à la portion à ressaut;

h. Le passage d'évacuation du système de passage de refroidissement dans la fraction bord de fuite de l'aillette aboutit à un orifice de sortie dans la surface convexe de la portion profilée de l'aillette au voisinage du bord de fuite et près du sommet;

i. Ledit passage d'évacuation pour le système de passage de refroidissement dans la fraction bord de fuite de la portion profilée de l'aillette est un passage de section transversale allongée ayant sa plus grande dimension de section dans la direction de la longueur de l'aillette;

j. La partie pleine intermédiaire de la portion profilée de l'aillette occupe approximativement un tiers de la largeur suivant la corde de cette portion profilée dans toute section transversale;

k. Les fractions de la largeur suivant la corde de la portion profilée de l'aillette occupées par les systèmes de passage de refroidissement de bord d'attaque et de fuite sont proportionnées l'une à l'autre suivant les exigences respectives de leur refroidissement;

l. Chaque système de passage de refroidissement comprend une pluralité de conduits, chacun de section transversale allongée, ces conduits ayant leur

plus grande dimension de section parallèle les uns aux autres et s'étendant du voisinage de la surface concave de la portion profilée de l'ailette au voisinage de la surface convexe de celle-ci;

*m.* Certains des conduits s'étendent sur une plus grande longueur de la portion profilée de l'ailette que d'autres;

*n.* Chacun des systèmes de passage de refroidissement comprend un canal unique s'étendant longitudinalement dans la portion profilée de l'ailette, ce canal ayant une multiplicité d'éléments en forme d'aiguille, formés par la matière de l'ailette, en saillie dans le canal ou traversant ce canal;

*o.* Lesdits éléments en forme d'aiguille sont quinqués suivant la direction longitudinale de l'ailette;

*p.* Le système de passage de refroidissement de bord de fuite comprend en outre deux chambres collectrices, l'une près de l'extrémité racine, l'autre près de l'extrémité de tête de la portion profilée de l'ailette, la chambre collectrice de sommet communique avec le passage d'évacuation de ce système et la chambre collectrice de l'extrémité racine communique avec le passage d'introduction allant à ce système;

*q.* Le système de passage de refroidissement du bord de fuite est agencé avec des chambres collectrices de façon similaire;

*r.* Les chambres collectrices, au voisinage de l'extrémité de tête de la portion profilée de l'ailette, occupent une plus grande longueur de celle-ci que les chambres collectrices de l'extrémité racine;

*s.* Le passage d'introduction distinct pour chaque système de passage de refroidissement comprend une pluralité de canaux d'introduction, qui sont chacun un prolongement d'un des conduits du système et qui s'ouvrent chacun par un orifice distinct dans ladite surface latérale du prolongement de la portion racine de l'ailette.

2° Un procédé de production d'une ailette de turbine à gaz à écoulement axial, comportant des passages internes pour un fluide refroidisseur, remarquable par les points suivants :

*a.* Les passages sont défoncés par usinage par étincelles ou par usinage ultrasonique;

*b.* Il en est de même des passages d'introduction et d'évacuation;

*c.* On défonce une pluralité de rainures longitudinales plus profondes que larges dans la portion profilée de l'ailette à partir d'une surface de celle-ci, par usinage par étincelles ou par usinage ultrasonique et l'on ferme le côté ouvert des rainures au moyen d'une couche de métal appliquée sur ladite surface pour former les conduits;

*d.* On défonce les rainures à partir de la surface concave de la portion profilée de l'ailette et l'on ferme les côtés ouverts des rainures par une plaque de recouvrement, que l'on encastre dans un embre-

vement de cette surface concave et que l'on maintient par soudure ou brasure;

*e.* Après avoir défoncé les rainures on les remplit d'une matière à bas point de fusion et l'on constitue la surface concave de la portion profilée de l'ailette par dépôt électrolytique ou par projection d'une couche de métal à point de fusion élevé, puis on élimine par fusion la matière à bas point de fusion contenue dans les rainures;

*f.* Après avoir formé les conduits sur toute la longueur du système de passage de refroidissement on enlève encore de la matière de la portion profilée de l'ailette par une opération d'usinage par étincelles pour former des chambres collectrices aux extrémités de tête et de racine du système et l'on ferme le côté ouvert de ces chambres au moyen de la couche de métal qui ferme les côtés ouverts des conduits.

*g.* On ferme les conduits du système de refroidissement et les conduits d'introduction en défonçant une pluralité de rainures longitudinales, plus profondes que larges, ces rainures étant défoncées dans une face de la portion profilée de l'ailette et dans la face latérale correspondante du prolongement de la portion racine, par usinage par étincelles ou par usinage ultrasonique, puis on ferme les côtés ouverts des rainures, sauf dans la partie de la face latérale du prolongement de la portion racine, au moyen d'une couche de métal pour former les conduits du système de passage de refroidissement, les rainures dans le prolongement de la portion racine formant des canaux d'introduction et leur côté ouvert dans la surface latérale de ce prolongement formant des orifices d'entrée distincts;

*h.* La fermeture peut être effectuée par une plaque de recouvrement fixée à l'ailette par soudure ou brasure;

*i.* Elle peut être constituée par dépôt électrolytique ou projection de métal à point de fusion élevé après remplissage des cavités à l'aide d'une matière à bas point de fusion, que l'on élimine ensuite par fusion;

*j.* Pour l'usinage par étincelles ou pour l'usinage ultrasonique, on utilise une électrode ou outil présentant dans sa surface active une multiplicité de trous correspondant à la multiplicité des éléments en forme d'aiguille à ménager dans la matière de l'ailette;

*k.* Les trous de ces électrodes ou outils sont formés dans une pièce pleine, soit au moulage, soit par forage;

*l.* L'électrode ou outil est composée d'un faisceau de tiges assemblées côte à côte parallèlement les unes aux autres et en contact, chaque tige ayant son extrémité terminale sur une surface qui constitue la surface active de l'électrode, les trous étant définis par un groupe de ces tiges;

m. L'électrode ou outil est composée d'un faisceau d'éléments tubulaires assemblés côte à côte parallèlement les uns aux autres et en contact, chacun ayant sa face terminale sur la surface, qui constitue la surface active de l'électrode, et les percages de ces éléments tubulaires définissant chacun un trou;

n. Les percages des électrodes sont recouverts d'un enduit d'une matière de grande rigidité diélectrique;

o. La surface active de l'électrode ou outil présente des parties pleines à chaque extrémité pour la formation des chambres collectrices en même temps que celle du canal unique;

p. Les canaux uniques des systèmes de passage de refroidissement sont défoncés depuis la surface concave de la portion profilée de l'ailette et leur

côté ouvert est fermé en même temps que celui des chambres collectrices par une couche de métal appliquée sur cette surface;

q. Cette couche de métal est une plaque de recouvrement fixée à la portion profilée de l'ailette par soudure ou brasure;

r. Elle est obtenue par dépôt électrolytique ou projection sur la surface concave de l'ailette d'un métal à point de fusion élevé après remplissage des cavités à l'aide d'une matière à bas point de fusion, que l'on élimine ensuite par fusion.

Société dite :

THE BRISTOL AEROPLANE COMPANY LIMITED.

Par procuration :

Cabinet J. BONNET-THIRION.

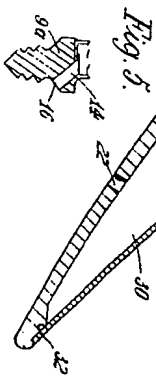
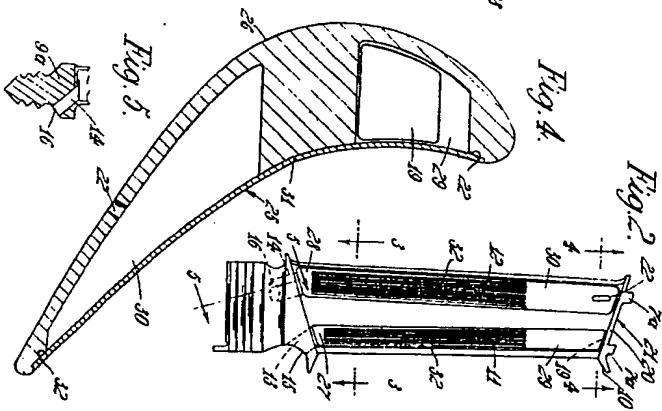
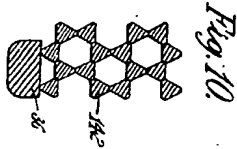
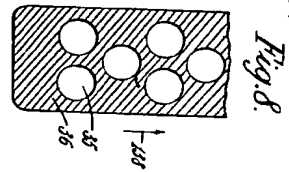
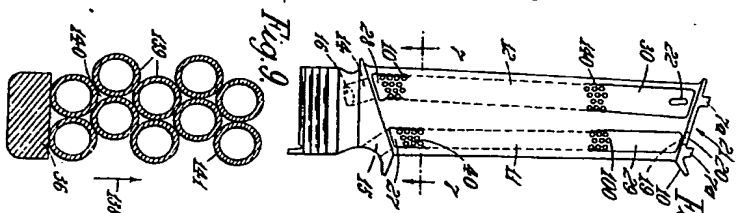
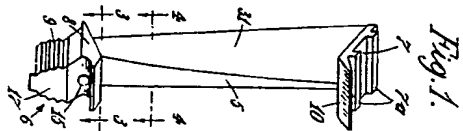
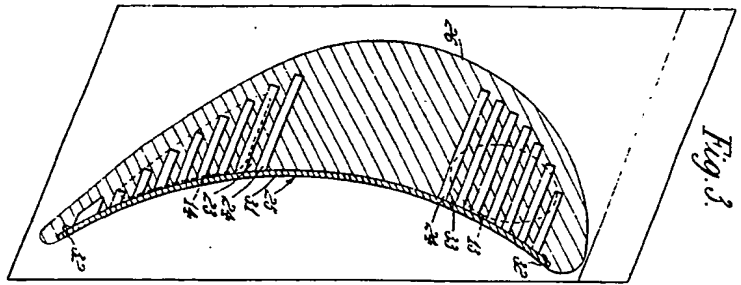




Fig. 6.

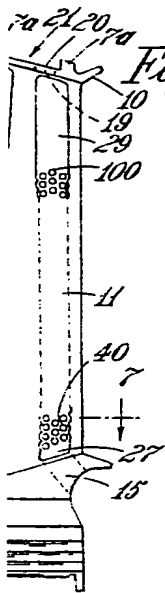


Fig. 8.

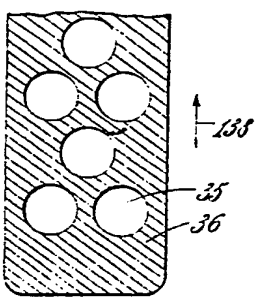


Fig. 10.

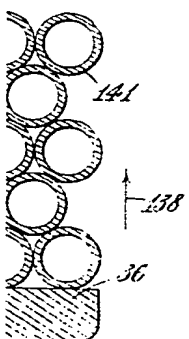
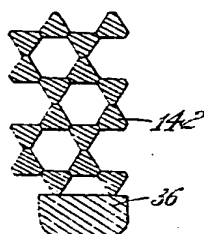


Fig. 2.

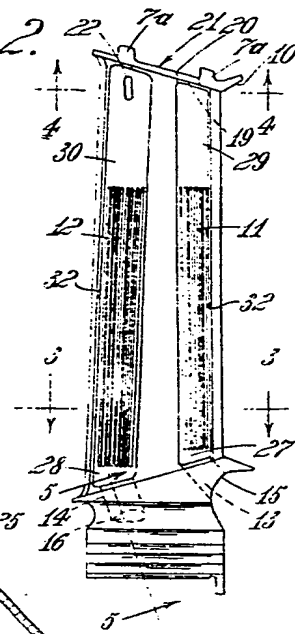


Fig. 4.

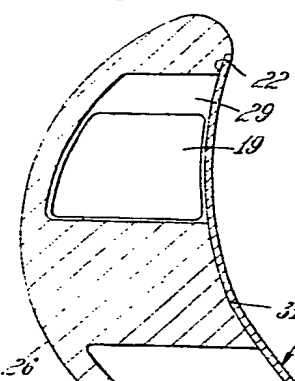


Fig. 5.



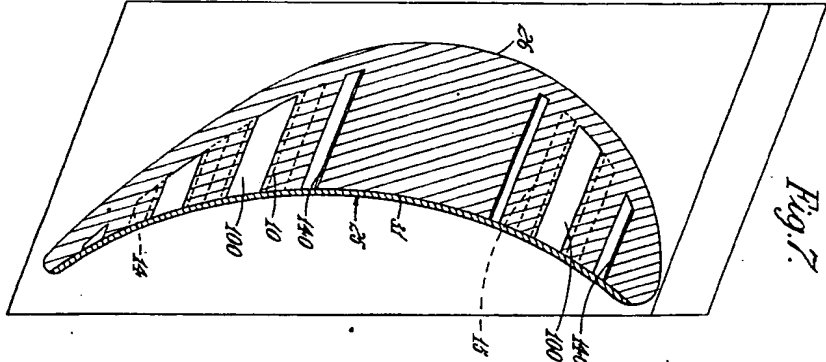


Fig. 7.

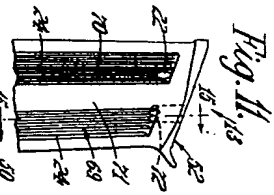


Fig. 11.

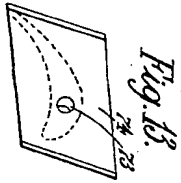


Fig. 13.

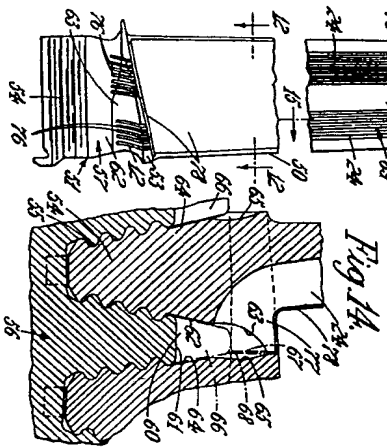


Fig. 14.

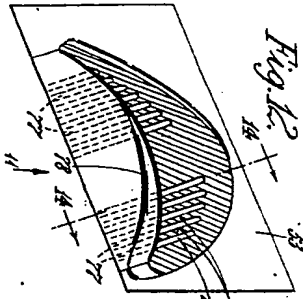


Fig. 12.

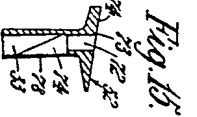


Fig. 15.

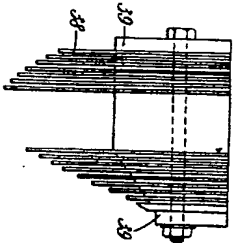


Fig. 16.

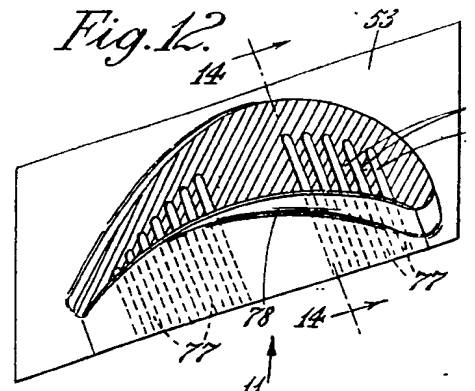
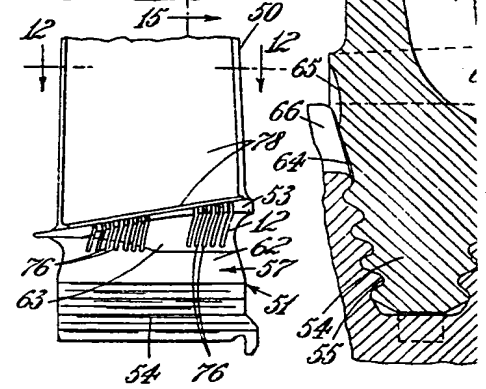
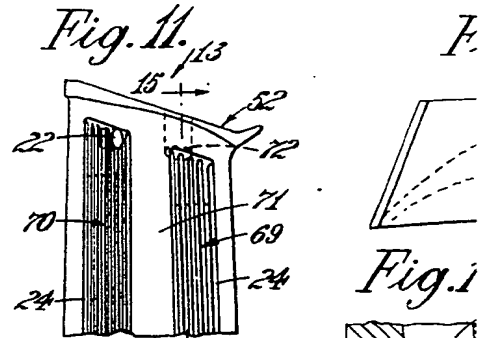
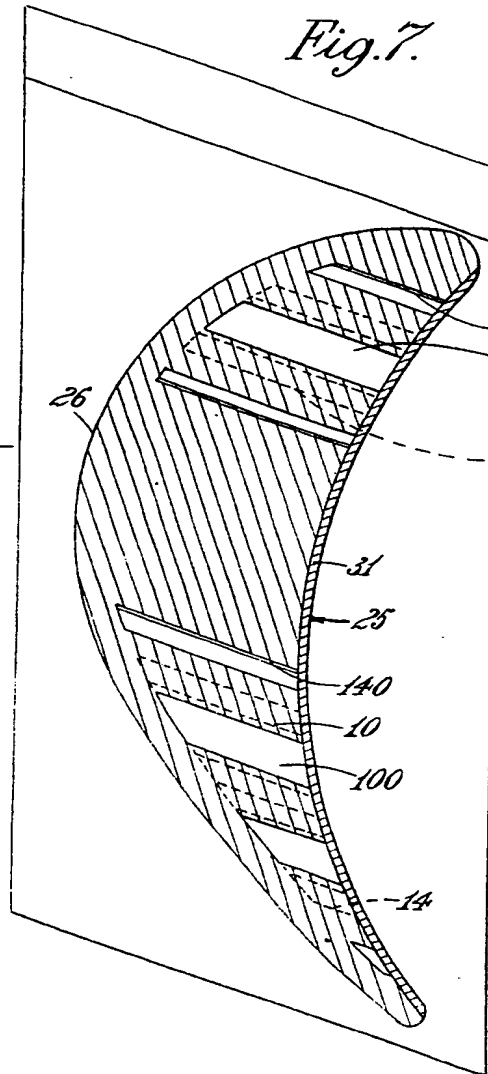


Fig. 13.

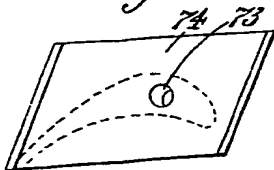


Fig. 14.

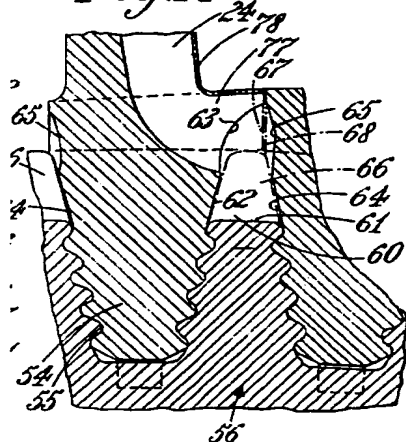


Fig. 15.

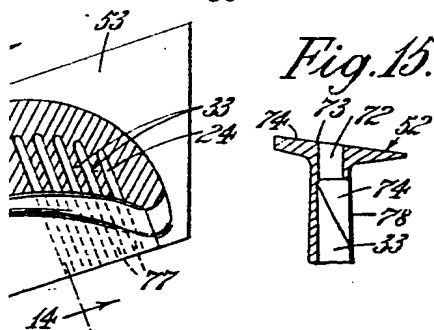


Fig. 16.

